

बाह्य अन्तरिक्ष में अन्य संसारों की खोज

सुमा एन मूर्ति

क्या हमारे सौर मण्डल के बाहर भी कोई अन्य संसार हैं? हम उनकी खोज कैसे करते हैं? हम उनसे क्या सीख सकते हैं? इस लेख में लेखिका दिखाती हैं कि किस प्रकार प्रौद्योगिकी में हाल ही में हुई प्रगति के विभिन्न पहलुओं ने ग़ैर-सौरीय ग्रहों (ऐक्जोप्लैनेट) की तलाश को इतना रोमांचक बना दिया है, जितनी यह पहले कभी भी नहीं थी।

सौर मण्डल के अनूठेपन, और उसमें भी विशेष रूप से पृथ्वी के अनोखे होने के सवालों ने मनुष्य के मन को युगों से परेशान किया हुआ है। हमारे अपने ग्रह तंत्र के बाहर ब्रह्माण्ड में ऐसे अन्य ग्रह तंत्रों का अस्तित्व हो सकता है, यह सम्भावना सबसे पहले सोलहवीं शताब्दी में इटली के दार्शनिक जियोदानो ब्रूनो के द्वारा ज़ाहिर की गई थी। ब्रूनो के अनुसार सुदूर स्थित तारे हमारे अपने सूर्य के ही जैसे हो सकते थे, जिनके अपने ग्रह हों और यहाँ तक कि उन पर जीवन भी हो। इसी प्रकार के विचार व्यक्त करते हुए, सर आइज़ेक न्यूटन ने उनकी प्रशंसित कृति *प्रिंसिपिया* के 1713 में प्रकाशित संस्करण के अन्तिम भाग में ग़ैर-सौरीय ग्रहों की ओर इशारा करते हुए कहा था कि :

“... सूर्य, ग्रहों और पुच्छल तारों से बना यह बेहद ख़ूबसूरत तंत्र किसी बुद्धिमान और शक्तिशाली सत्ता की सम्मति और शासन से ही निर्मित हुआ हो सकता है। और यदि स्थिर तारे इसी तरह के अन्य तंत्रों के केन्द्र हैं तो वे भी उसी तरह की सम्मति से निर्मित हुए होने के कारण उसी एक सत्ता के शासन के अन्तर्गत होंगे, ख़ास तौर पर इसलिए कि स्थिर तारों के प्रकाश की प्रकृति भी हमारे सूर्य के प्रकाश जैसी ही है, और हर तंत्र से प्रकाश दूसरे तंत्रों में जाता है...।”

सौर मण्डल के बाहर के, या ग़ैर-सौरीय ग्रह (जैसा कि आजकल उन्हें कहा जाता है) को ऐसे ग्रह के रूप में परिभाषित किया जाता है, जो सूर्य की बजाय किसी दूसरे तारे की परिक्रमा करता है। हालाँकि ग़ैर-सौरीय ग्रहों को देखने के दावे कई लोगों ने किए, ऐसे पहले

बॉक्स-1 : इतिहास का एक टुकड़ा

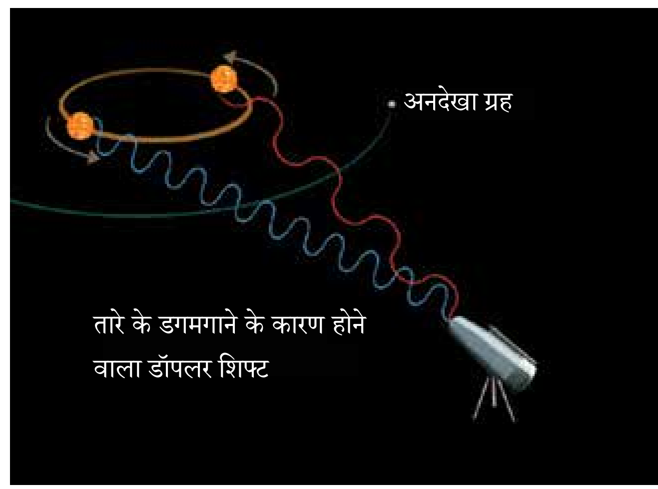
संसार भर में प्रसिद्ध अरेसीबो दूरदर्शी को मरम्मत के लिए 1990 के दशक के शुरुआती वर्षों में बन्द कर दिया गया था। वह खगोलविज्ञान समुदाय के सामान्य उपयोग के लिए उपलब्ध नहीं था। खगोल वैज्ञानिक वोल्सजैन ने इस दुर्लभ अवसर का लाभ उठाया और इस दूरदर्शी का उपयोग पल्सार तारों की खोज करने के लिए किया। उनके प्रयास के परिणामस्वरूप पल्सार PSR B1257 + 12 की खोज हुई और बाद में उसके चक्कर लगाते हुए ग्रहों का अस्तित्व भी उजागर हुआ।

लगभग उसी समय, प्रोफेसर मैथ्यू बेल्स के नेतृत्व में खगोल वैज्ञानिकों के एक अन्य दल ने दावा किया कि उन्होंने पल्सार PSR 1829-10 का चक्कर लगाते हुए एक अन्य ग्रह को खोज लिया था। अमेरिकन ऐस्ट्रोनोमिकल सोसाइटी ने इन दो रोमांचक खोजों पर चर्चा करने के लिए जनवरी 1992 में अटलाण्टा में एक बैठक का आयोजन किया।

परन्तु, इस बैठक के आयोजित हो पाने के पहले, बेल्स के नेतृत्व वाले दल को पता चला कि उनकी खोज वास्तव में एक भूल थी जो तारों के बीच के माध्यम के कुछ प्रभावों की उपेक्षा करने के कारण हुई थी। वैज्ञानिक नैतिकता और ईमानदारी का अद्भुत प्रदर्शन करते हुए बेल्स ने सार्वजनिक रूप से इस भूल को बैठक में स्वीकार किया। इसकी वैज्ञानिक समुदाय ने बख़ूबी सराहना की। अन्तत: वोल्सजैन और फ्रेल को ग़ैर-सौरीय ग्रहों के पहले समूह की खोज करने का श्रेय दिया गया।

(इस पूरी घटना का वोल्सजैन के ख़ुद के शब्दों में विस्तृत विवरण पढ़ने के लिए इस वैबसाइट पर जाएँ – www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1387647311000418)।

दावे जिनकी पुष्टि की जा सकी है, 1992 में किए गए जब खगोलवैज्ञानिकों ऐलेक्ज़ेण्डर वोल्सजैन तथा डेल फ्रेल ने एक पल्सार (तेज़ी-से घूमता हुआ एक तारा जो अपने जीवनकाल के लगभग अन्तिम चरण में था, और जिसे PSR B1257 + 12 नाम दिया गया था) के चारों ओर चक्कर लगाते हुए 3 ग्रहों को देखा। इसके तीन साल बाद, स्विस खगोल वैज्ञानिक डिडिए क्वेलोज तथा माइकल मेयर ने एक और ग़ैर-सौरीय ग्रह को खोज निकाला जो हमारे अपने सूर्य के ही जैसे 51 Peg नामक एक पीले तारे के चक्कर लगा रहा था। इसके उपरान्त 1996 में पॉल बटलर तथा जैफ मार्सी के नेतृत्व में अमरीकी खगोलवैज्ञानिकों के एक दल ने दो अन्य ग़ैर-सौरीय ग्रहों को खोज निकाला। इस दल ने आगे चलकर, इसके अगले दशक के अन्त तक ज्ञात किए गए कुल 100 ग़ैर-सौरीय ग्रहों में से 70 को खोज निकाला। 2009 में कैप्लर स्पेस दूरदर्शी की शुरुआत ने इस क्षेत्र में एक क्रान्ति ला दी है। इस दूरदर्शी का उन खगोलवैज्ञानिकों के द्वारा बहुत अधिक जानकारियाँ हासिल करने के लिए उपयोग किया गया है जो उसके द्वारा अन्य ग़ैर-सौरीय ग्रहों के सुरागों की खोज कर रहे हैं।



चित्र-1 : गति करते हुए एक तारे को प्रेक्षण में पकड़ना। तारा, ग्रह मण्डल के द्रव्यमान के केन्द्र की परिक्रमा करता है। जब वह हमारी ओर आता है तो उसका प्रकाश 'ब्लू शिफ्ट वाला' होता है, और जब वह हमसे दूर जाता है तब वह 'रैड शिफ्ट वाला' होता है।

Credits: NASA, Night Sky Network. URL: https://nightsky.jpl.nasa.gov/news-display.cfm?News_ID=682. License: Public domain.

बॉक्स-2 : डॉपलर प्रभाव

क्या आपने किसी ऐम्बुलेंस के साइरन या तेज़ी-से चलती हुई मोटरबाइक की आवाज़ की तीव्रता में उस समय अचानक होने वाले परिवर्तन पर ग़ौर किया है जब वह आपके नज़दीक आ रही होती है, और फिर आपके पास से गुज़रकर दूर जा रही होती है? डॉपलर प्रभाव नामक इस प्रभाव का वर्णन ध्वनि, प्रकाश या अन्य तरंगों की आवृत्ति में उस समय होने वाली वृद्धि (या कमी) के रूप में किया जाता है जब उसका स्रोत और प्रेक्षक एक-दूसरे के नज़दीक आ रहे (या एक-दूसरे से दूर जा रहे) होते हैं। खगोलवैज्ञानिक इस प्रभाव का उपयोग उस चाल को निर्धारित करने के लिए करते हैं जिससे तारे या आकाशगंगाएँ पृथ्वी पर स्थित हम प्रेक्षकों के निकट आ रहे होते हैं या दूर जा रहे होते हैं, और इसको हमें उनसे प्राप्त होने वाले प्रकाश की आवृत्ति में बदलाव की डिग्री के रूप में पहचाना जाता है। इस तरह, हमसे दूर जा रहे तारे प्रकाश की अधिक तरंगदैर्ध्यों की ओर बदलाव दर्शाते हैं, जिसे रैड शिफ्ट कहा जाता है। जबकि हमारे नज़दीक आते हुए तारे प्रकाश की कम तरंगदैर्ध्यों की ओर बदलाव दर्शाते हैं, जिसे ब्लू शिफ्ट कहा जाता है।

हम ग़ैर-सौरीय ग्रहों को कैसे खोज लेते हैं?

ग़ैर-सौरीय ग्रहों को ढूँढ़ने के लिए खगोल वैज्ञानिक कई प्रकार की विधियों का उपयोग करते हैं। इनमें से कई अप्रत्यक्ष विधियाँ होती

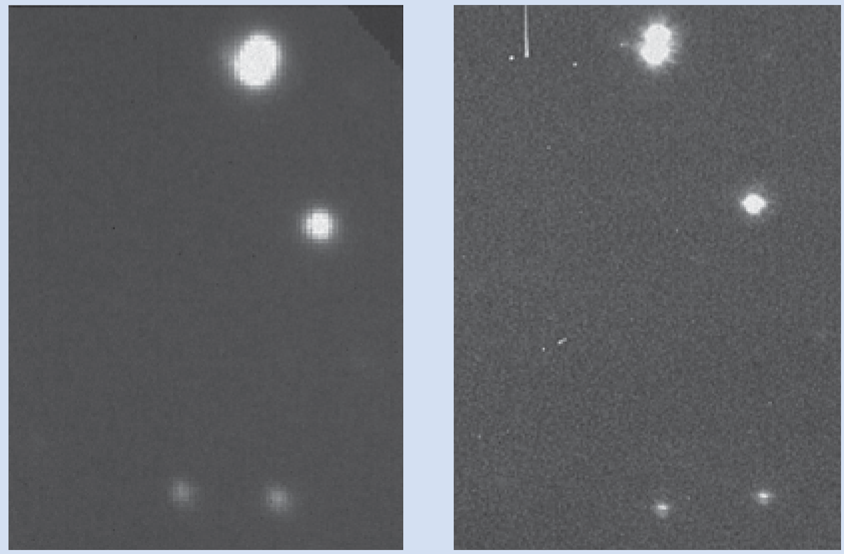
हैं और वे ग़ैर-सौरीय ग्रहों की उपस्थिति का पता यह देखने के द्वारा लगाती हैं कि वे अपने मेज़बान तारे और उसकी गतिविधियों को किस प्रकार प्रभावित करते हैं। ऐसा इसलिए करना पड़ता है, क्योंकि, कुछ अपवादों को छोड़कर, मेज़बान तारे इतनी दूर और इतने चमकदार होते हैं कि वे अपने ग्रहीय संगी-साथियों की चमक को फीका कर देते हैं।

यह हमारे अपने सौर मण्डल जैसा ही है जिसमें दृश्य तरंगदैर्ध्यों (वेवलैंग्थ) के पैमाने पर सूर्य की चमक बृहस्पति से एक अरब गुना ज़्यादा होती है। दूसरे शब्दों में, यदि हम सौर मण्डल को कहीं दूर से देखें तो, हम सूर्य से प्राप्त होने वाले हर 1,000,000,000 प्रकाश कणों की तुलना में बृहस्पति से प्राप्त केवल 1 प्रकाश कण को देख सकेंगे। इसके विपरीत, यदि हम सूर्य और बृहस्पति को सिर्फ़ 15 प्रकाश वर्षों की दूरी से ही देखें तो वे दोनों एक-दूसरे से 1 डिग्री के केवल 1/3600 वें अंश से ही अलग प्रतीत होंगे, जो कि लगभग एक बाल की मोटाई के बराबर होता है! जैसा कि आप इस उदाहरण से देख सकते हैं, ऐसी परिस्थितियों में किसी बड़े ग्रह की छवि हासिल करना उतना ही चुनौती भरा कार्य होता है जितना कि किसी बहुत तेज़ प्रकाश स्रोत (फ्लड लाइट) के बहुत पास में मौजूद किसी जुगनू की फोटो लेना होगा!

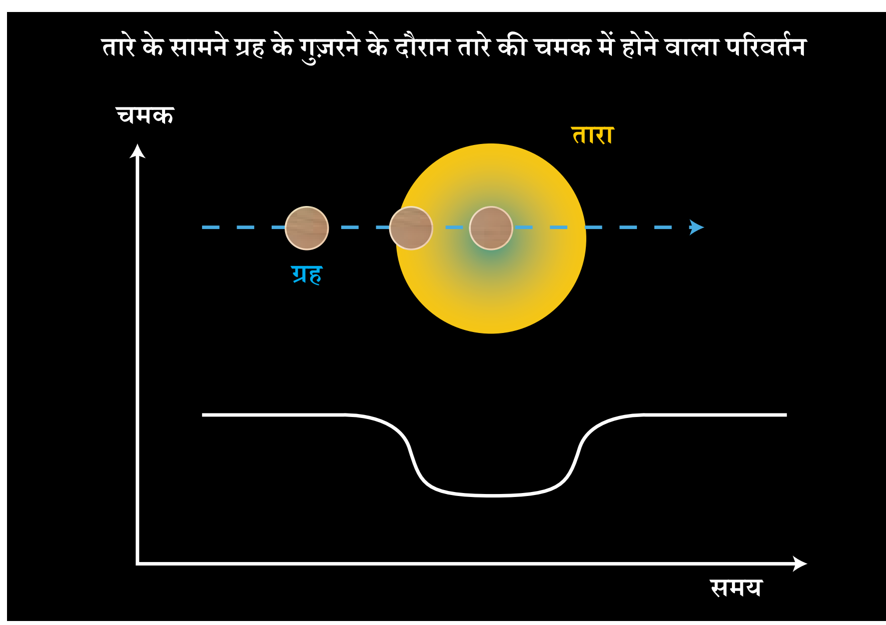
उन संसारों को (और यदि उनमें कोई निवासी हों, तो उन्हें) सचमुच में उनकी समग्रता में "देखने" में समर्थ होने के लिए हमें उससे कहीं उन्नत प्रौद्योगिकी की ज़रूरत होगी जितनी कि हमें आज उपलब्ध है। उस समय तक, जब तक कि ऐसे सुधार नहीं होते, हम वर्तमान प्रौद्योगिकी के द्वारा सम्भव विधियों के द्वारा ग़ैर-सौरीय ग्रहों की मौजूदगी का अनुमान लगाते रहेंगे। इस प्रयोजन के लिए जिन सबसे आम विधियों का हम वर्तमान में उपयोग करते हैं उनका वर्णन नीचे किया गया है।

बॉक्स-3 : अन्तरिक्ष में क्यों जाएँ?

पृथ्वी का वायुमण्डल बाह्य आकाश की छवियों को विकृत कर देता है, जिसके कारण हमारे द्वारा किए गए मापनों की शुद्धता सीमित हो जाती है। पृथ्वी के वायुमण्डल के बाहर किसी दूरदर्शी को स्थापित करने से यह बाधा दूर हो जाती है। चूँकि अन्तरिक्ष प्रेक्षणों के लिए एक स्थिर मंच प्रदान करता है, इसलिए बहुत सटीक खगोलविज्ञान के लिए आवश्यक अति सूक्ष्म मापों को प्राप्त करना सम्भव हो जाता है (तुलना के लिए **चित्र-2** को देखें)।



चित्र-2 : धरातल बनाम अन्तरिक्ष। यहाँ आकाश के एक क्षेत्र की लास कम्पानास, चिली स्थित वेधशाला द्वारा ली गई तस्वीर (बाईं ओर) तथा हबल स्पेस दूरदर्शी से अन्तरिक्ष से ली गई तस्वीर (दाईं ओर) की तुलना दर्शाई गई है। क्या आपने ग़ौर किया कि बेहतर स्पष्टता के अलावा हबल द्वारा ली गई तस्वीर में ज़्यादा तारे भी दिखाई दे रहे हैं?
Source: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/hubbles-first-light. License: Public domain.



चित्र-3 : संक्रमण के दौरान प्रेक्षण में पकड़ा गया! यह चित्र दर्शाता है कि तारे की चमक में तब परिवर्तन होता है जब ग्रह उसके सामने से होकर गुज़रता है। जब ग्रह तारे पर ग्रहण लगाना आरम्भ करता है तब हम उसकी चमक में धीरे-धीरे आई कमी देखते हैं, जो तब तक स्थिर रहती है जब तक ग्रह तारे के सामने रहता है और फिर बाद में वह अपनी मूल स्थिति में वापिस आ जाती है।
Credits: SuperWASP, NASA. URL: http://www.superwasp.org/how.htm. License: Public domain.

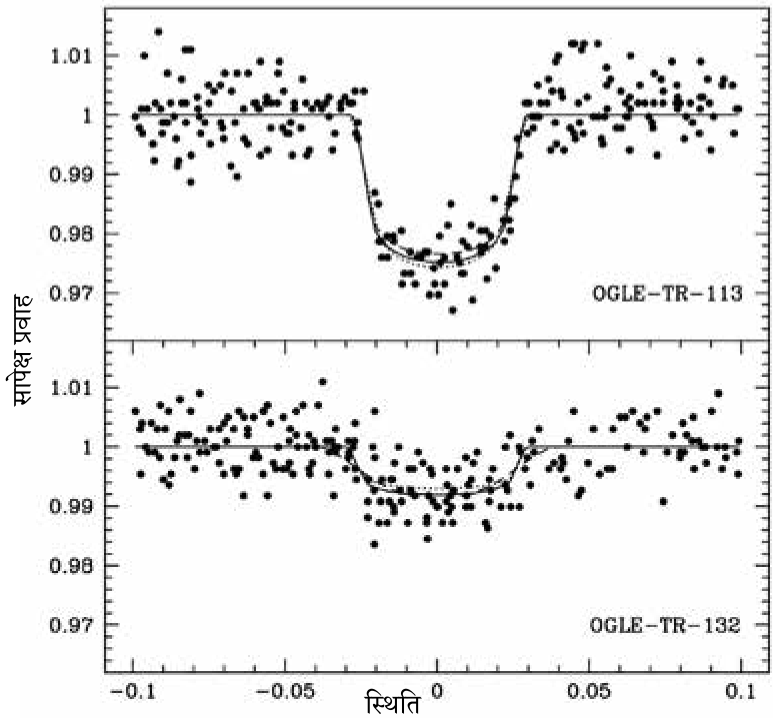
बॉक्स-4 : टैबी का तारा!

तारे KIC 8462852 को उसके खगोल वैज्ञानिकों में लोकप्रिय नाम टैबी के तारे की तरह जाना जाता है। इसका नाम इसका सबसे पहले अध्ययन करने वाली खगोल वैज्ञानिक टैबेथा एस बोयाजियान के नाम पर पड़ा। इस तारे को कैप्लर दूरदर्शी ने पकड़ा था जिसने यह भी दिखाया कि यह तारा चमक के बढ़ने और घटने के बहुत अजीब दौर दर्शाता था। इस तारे के ऐसे अजीब व्यवहार ने पृथ्वी से परे जीवन खोजने के उत्साही लोगों को कुछ समय तक रोमांचित रखा। जब इन परिवर्तनों को प्राकृतिक कारणों से घटने वाले परिवर्तनों की तरह समझाने के प्रयास विफल हो गए, तब वैज्ञानिकों ने सुझाया कि उनका कारण डायसन्स स्वार्म्स (डायसन के झुण्ड) कहलाने वाली ऐसी संरचनाएँ थीं जिन्हें किसी उन्नत सभ्यता ने तारे की ऊर्जा का दोहन करने के लिए बनाया था। परन्तु, सर्च फॉर ऐक्स्ट्रा-टैरस्ट्रियल इंटैलीजेंस(SETI) (परग्रही बुद्धिमत्ता की खोज) में जुटी टीम के इस तारे से किन्हीं संकेतों को प्राप्त करने के प्रयासों के परिणाम नकारात्मक रहे हैं।

त्रिज्यीय वेग पर नज़र रखना (Radial Velocity Tracking)

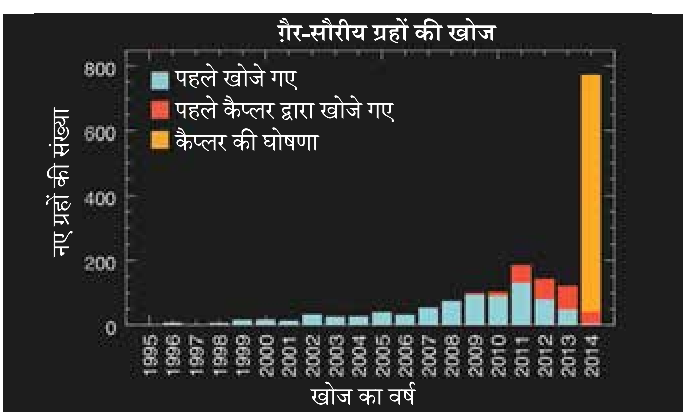
ग़ैर-सौरीय ग्रहों को खोज निकालने की यह एक बहुत सफल विधि है। दरअसल, खगोल वैज्ञानिकों क्वेलोज तथा मेयर ने इसका ही उपयोग एक सामान्य (ग़ैर-पल्सार) तारे का चक्कर लगाने वाले पहले ग़ैर-सौरीय ग्रह को खोजने के लिए किया था। यदि परिक्रमा करने वाला ग्रह विशालकाय होता है तो मातृ तारे पर उसके गुरुत्वाकर्षी खिंचाव के कारण मातृ तारा डगमगाने लग सकता है। मेज़बान तारे की इस हल्की डगमगाहट, जिसे डॉपलर प्रभाव के कारण मदद मिलती है (**बॉक्स -2** देखें), का उपयोग ग़ैर-सौरीय ग्रहों की मौजूदगी को पकड़ने के लिए किया जा सकता है।

बृहस्पति जैसे गैस से बने विशालकाय ग्रह उनके मेज़बान तारे में दसियों मीटर प्रति सैकेण्ड से डगमगाने के वेग पैदा कर देते हैं। वर्तमान प्रौद्योगिकीय विधियाँ हमें आधा मीटर प्रति सैकेण्ड जितने धीमे वेग (हम आराम से घूमते समय इसी



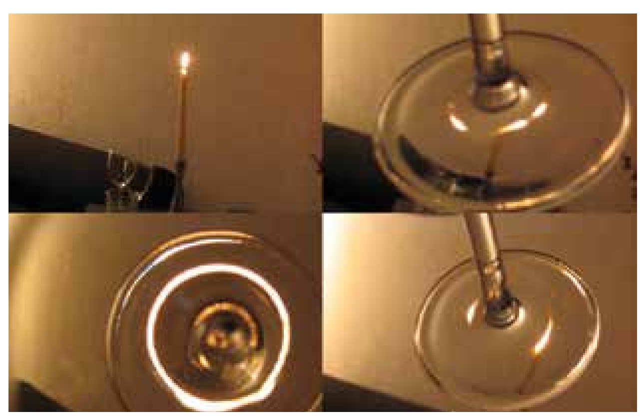
चित्र-4 : वास्तविक दुनिया में विज्ञान। इस चित्र में दिख रहे काले बिन्दु दर्शाते हैं कि ग्रहों की मेज़बानी करने वाले किसी तारे की बदलती हुई चमक वास्तव में कैसी प्रतीत होती है।

Credits: ESO. URL: https://www.eso.org/public/news/eso0415/. License: Public domain.



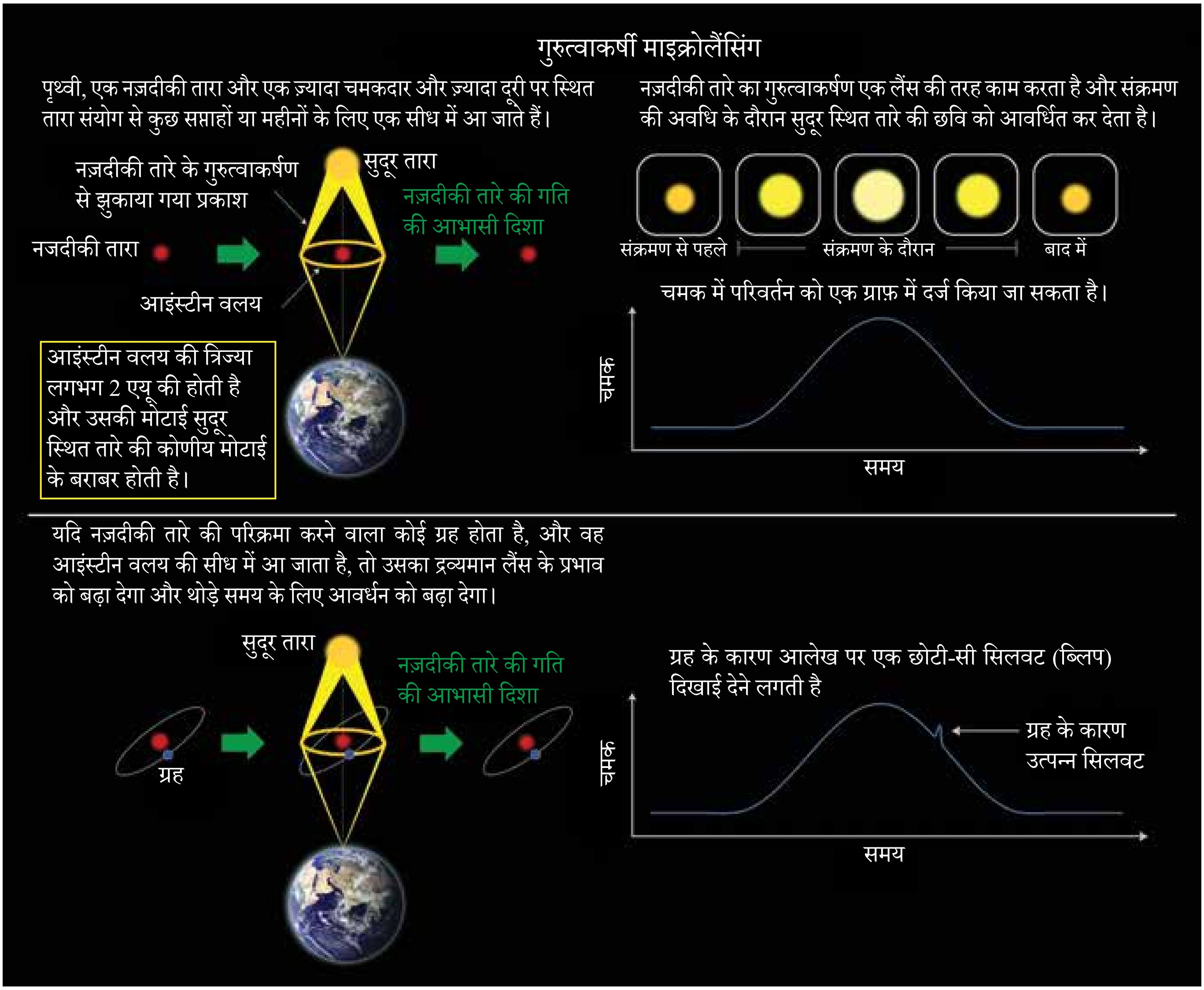
चित्र 5: कैप्लर का धमाकेदार प्रवेश - यह आयतचित्र (हिस्टोग्राम) 1995 के बाद से खोजे गए ग़ैर-सौरीय ग्रहों की संख्या दर्शाता है। खोजों की संख्या में उस वक्त आए अचानक उछाल पर ग़ौर करें जब कैप्लर की टीम ने लगभग एक हज़ार ग्रहों की खोज की घोषणा की।

Credits: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/exoplanet-discoveries. License: Public domain.



चित्र-6 : एक ग्रैविटेशनल लैंस का प्रतिरूप : जिस तरह से एक शराब का गिलास पृष्ठभूमि में जल रही मोमबत्ती के प्रकाश को विकृत करता है, यह लगभग वैसा ही होता है जिस तरह कोई विशाल द्रव्यमान वाला पिण्ड प्रकाश को विकृत करता है।

Credits: KIPAC, Kavli Insitute of Particle Physics and Cosmology. URL: http://kipacweb.stanford.edu/research/gravitational_lensing. License: Public domain.

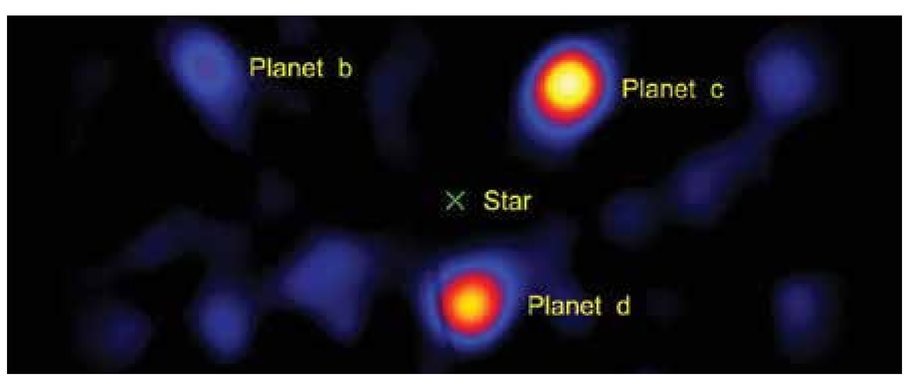


चित्र-7 : माइक्रोलैंसिंग का विवरण । गुरुत्वाकर्षी माइक्रोलैंसिंग की तकनीक इस प्रकार काम करती है।
Credits: LCOGT, IFLSCIENCE. URL: https://lco.global/files/spacebook/Gravitational%20Microlensing%20timeline.png. License: Public domain.

रफ्तार से चलते हैं) तक को पकड़ने की सुविधा देती हैं। इस तकनीक में होने वाली हर प्रगति दूसरे ग्रह मण्डलों में अपेक्षाकृत कहीं अधिक छोटे और चट्टानी ग्रहों, जैसे कि पृथ्वी, को खोज पाने की सम्भावना को बढ़ा देती है।

खगोलमिति (ऐस्ट्रोमीट्री)

खगोलमिति एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें आकाश में तारों की स्थिति को अधिक-से-अधिक सम्भव शुद्धता से निर्धारित करने का काम होता है। जैसा कि हमने पहले देखा है, किसी ग्रह की उपस्थिति उसके तारे



चित्र-8 : पड़ोसियों की तस्वीरें लेना! यह चित्र हमें तीन ग्रहों - जो HR8799b, c तथा d कहलाते हैं, और जो सभी एक ही तारे की परिक्रमा करते हैं जिसका नाम HR8799 है - से प्राप्त होने वाले प्रकाश को दर्शाता है। तारा उस स्थान पर स्थित है जिसे "X" से दर्शाया गया है। तीनों ग्रह, जो बृहस्पति के समान गैस दानव माने जाते हैं, पर इनका द्रव्यमान बृहस्पति से भी अधिक माना जाता है।
Credits: NASA/JPL-Caltech/Palomar Observatory. URL: http://www.nasa.gov/topics/universe/features/exoplanet20100414-a.html. License: Public domain.

में थोड़ी डगमगाहट पैदा कर देती है। यह डगमगाहट आकाश में उस तारे की स्थिति में सूक्ष्म बदलाव की तरह प्रगट होती है। चूँकि यह स्थिति परिवर्तन बहुत सूक्ष्म होता है, इसलिए हमें बहुत उच्च सटीकता से उसे नापने वाले परिष्कृत उपकरणों की ज़रूरत होती है। यही कारण है कि ग़ैर-सौरीय ग्रहों की उपस्थिति की इस विधि के द्वारा 2009 तक पुष्टि नहीं की जा सकी थी।

खगोलमिति को 2013 में महत्त्व मिलने लगा जब यूरोपियन स्पेस एजेंसी ने गाया नामक अन्तरिक्ष वेधशाला को विशुद्ध रूप से खगोलविज्ञान के उद्देश्यों के लिए बाह्य आकाश में स्थापित किया। गाया से अपेक्षा की जाती है कि वह अपने लगभग 10 वर्ष के जीवनकाल में लगभग 70,000 ग़ैर-सौरीय ग्रहों को खोजने और उनकी परिक्रमा कक्षाओं की विशेषताएँ बताने में हमें समर्थ बनाएगी।

संक्रमण (Transit) विधि

ग़ैर-सौरीय ग्रहों को प्रेक्षण में पकड़ने के लिए हम संक्रमण विधि का उपयोग तब करते हैं जब कोई तारा और उसका ग्रह हमारे सामने से गुज़रते समय पृथ्वी से इस तरह एक सीधी रेखा में होते हैं कि ग्रह उसके तारे को ढँककर ग्रहण जैसी स्थिति बना देता है।

इस ग्रहण के दौरान तारे की चमक थोड़ी-सी फीकी पड़ जाती है। चमक में आई इस कमी को, उस तारे के तंत्र का लम्बे समय से अध्ययन कर रहे, उच्च रैजोल्यूशन वाले दूरदर्शियों से किए गए प्रेक्षणों के द्वारा पकड़ लिया जाता है। यह विधि ऐसे बड़े ग्रहों के मामले में सबसे अच्छी तरह काम करती है जिनकी परिक्रमा कक्षा मातृ तारे के नज़दीक होती है, क्योंकि ऐसी स्थिति तारे की चमक में ज़्यादा कमी पैदा करती है और इसलिए उसे पकड़ना भी ज़्यादा आसान होता है।

इस विधि से अभी तक सबसे अधिक संख्या में ग़ैर-सौरीय ग्रहों को खोज निकालने में सफलता मिली है - विशेष रूप से पृथ्वी जैसे ग्रहों को खोजने में जिनमें हमारी दिलचस्पी सबसे ज़्यादा है। बहुत अधिक संख्या में ग्रहों को खोज निकाल पाने का मुख्य कारण 2009 में आरम्भ किया गया अन्तरिक्ष में स्थापित उपकरणों से संचालित कैप्लर अभियान है। यह अभियान संक्रमण विधि का उपयोग करते हुए पृथ्वी के आकार के या उससे छोटे ग़ैर-सौरीय ग्रहों को खोजने के लिए हमारी आकाशगंगा के कुछ हिस्सों का सर्वेक्षण करता है। कैप्लर अभियान ने अभी तक 4706 ग़ैर-सौरीय ग्रह होने के उम्मीदवार खोजे हैं जिनमें से 2330 के बारे में तो पुष्टि की जा चुकी है। कैप्लर अभियान का अन्तरिक्ष में आधारित होना ही उसकी शानदार सफलता का मुख्य कारण है।

बॉक्स-5 : उन्हें काम करते देखना!
यदि आप प्रेक्षण द्वारा ग्रहों का पता लगाने की यहाँ वर्णित सभी तकनीकों को वाकई में 'देखना' चाहते हैं तो कृपया इस वैबसाइट पर जाएँ –https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/.

गुरुत्वाकर्षी माइक्रोलैंसिंग (Gravitational Micro-Lensing)

व्यापक सापेक्षता सिद्धान्त हमें बताता है कि विशाल द्रव्यमान वाले पिण्ड उनके आस-पास के प्रकाश को झुका सकते हैं। यह प्रभाव जिसे ग्रैविटेशनल लैंसिंग कहा जाता है किसी सुदूर स्थित तारे के प्रकाश को तब आवर्धित कर देता है जब उसके पड़ोस का कोई धीमा तारा उसके सामने से ग़ुजरता है। यह उसके जैसा प्रभाव है जो हम तब देखते हैं जब हम किसी शराब के गिलास की तली को एक जलती मोमबत्ती के सामने रखते हैं (जैसा **चित्र-5** में दिखाई देता है)।

पृष्ठभूमि में स्थित सुदूर तारे की चमक पहले बढ़ती है, और फिर जैसे-जैसे सामने का अदृश्य फीका तारा उसके सामने से गुज़रता है वह लगातार कम होती जाती है, बाद में जब सामने का तारा पूरी तरह से दूर हट जाता है तब वह वापिस अपने पहले जैसे स्थिर मान पर आ जाती है। यदि सामने के अदृश्य तारे की कोई ग्रह परिक्रमा कर रहा होता है, तब बीच में एक छोटा-सा अन्तराल ऐसा भी होगा जब यह ग्रह भी पृष्ठभूमि के तारे के लैंसिंग प्रभाव में अपना योगदान देगा (**चित्र-6** देखें)। इसे प्रेक्षण में पकड़ा जा सकता है और उससे ग़ैर-सौरीय ग्रहों की मौजूदगी का अनुमान लगाया जा सकता है।

प्रत्यक्ष इमेजिंग

जैसा कि पहले उल्लेख किया जा चुका है, दृश्य सीमा के भीतर की तरंगदैर्ध्यों पर, हमारा सूर्य बृहस्पति की तुलना में लगभग एक अरब गुना अधिक चमकदार होता है। परन्तु, अवरक्त (इंफ्रारैड) तरंगदैर्ध्यों (जो दृश्य प्रकाश के तरंगदैर्ध्यों से ज़्यादा होती हैं) पर हमारा सूर्य केवल एक सौ गुना अधिक चमकदार होता है। यदि परिस्थितियाँ अनुकूल हों तो हम इन तरंगदैर्ध्यों पर ग्रह मण्डल का चित्र ले सकते हैं। उदाहरण के लिए, यदि कोई ग्रह उसके तारे से बहुत दूर है, और हम उस तारे से हमें प्राप्त होने वाले प्रकाश को बाधित कर देते हैं, तो कम चमक वाला ग्रह स्वयं को प्रगट कर देगा। सीधे प्रत्यक्ष इमेजिंग की इस विधि का उपयोग अभी हाल ही में बढ़ा है, और इसने अब तक हमें लगभग 33 ग्रहों को ढूँढ़ने में मदद की है।

बड़े क़दम बढ़ाना!

चूँकि हमारे सौर मण्डल का जीवन काल हमारे अपने जीवन कालों की तुलना में कल्पनातीत रूप से विराट है, इसलिए उसकी उत्पत्ति और विकास का अध्ययन, एक जीवन काल तो क्या, कई पीढ़ियों के निरन्तर शोधकार्य में भी कर पाना सम्भव नहीं है। इसे करने का सबसे अच्छा तरीक़ा उससे मिलते-जुलते ग्रह मण्डलों का उनके विकास के विभिन्न चरणों में अध्ययन करना, और फिर उनसे मिलने वाले प्रमाणों को जोड़कर एक पूरी तस्वीर बनाना है।

जैसा कि हमने अभी देखा, अन्य ग्रह

मण्डल कतई दुर्लभ नहीं हैं, और हमें उनका अध्ययन कर सकना चाहिए, बशर्ते कि हम उन्हें प्रेक्षणों के द्वारा पर्याप्त संख्याओं में, और विविधता में खोज सकें। वास्तव में, 1992 में हुई पहले ग़ैर-सौरीय ग्रह की खोज के बाद से हम बहुत आगे आ चुके हैं। वर्तमान प्रौद्योगिकी, जिसमें प्रसिद्ध हबल दूरदर्शी तथा कैप्लर मिशन शामिल हैं, ने हमारे सौर मण्डल के परे हज़ारों ग़ैर-सौरीय ग्रहों को पहले ही खोज लिया है, और उन्नति के हर क़दम के साथ हम और भी अन्य ग़ैर-सौरीय ग्रहों के बारे में जान सकते हैं।

नासा को 2017 में कभी एक संक्रमण करने वाले ग्रहों का सर्वेक्षण करने वाला उपग्रह (टीईएसएस - ट्रांजिटिंग ऐक्सोप्लैनेट सर्वे सैटेलाइट) प्रक्षेपित करने की उम्मीद है। इस सर्वेक्षण का उद्देश्य पृथ्वी के आकार के ग्रहों से लेकर बृहस्पति से भी बहुत बड़े ग्रहों तक को खोज निकालना है, जिनके मेज़बान तारे विभिन्न प्रकार के हैं। इसी प्रकार, जेम्स वैब अन्तरिक्ष दूरदर्शी, जिसे इसके बाद, 2018 में परिक्रमा कक्षा में स्थापित किए जाने की योजना है, ग़ैर-सौरीय ग्रहों के वातावरणों का अध्ययन करेगा और उन संसारों के परिवेशों पर प्रकाश डालेगा।

हम अब ऐसे तंत्रों को देख सकते हैं जिनका अभी-अभी जन्म हुआ है और उससे हम ग्रहों के निर्माण की प्रारम्भिक अवस्थाओं को समझ सकते हैं। उससे थोड़े अधिक पुराने तंत्र हमें ग्रहों के बीच होने वाली अन्तर्क्रियाओं के बारे में बता सकते हैं, और मृत तारों की परिक्रमा कर रहे चरम अवस्था वाले ग्रह हमें विकास के आगे के सम्भव मार्गों के बारे में बता सकते हैं। और जो सभी कुछ हम देखेंगे उसके आधार पर हम अपने सौर मण्डल के निर्मित होने के बारे में प्रस्तुत किए जा चुके सिद्धान्तों का परीक्षण कर सकते हैं। हम ग़ैर-सौरीय ग्रहों के वातावरणों का भी अध्ययन कर सकते हैं और बहुत हद तक उन पर वास कर सकने की परिस्थितियों को जान सकते हैं। लेकिन ज़्यादा महत्त्वपूर्ण बात यह है कि ग़ैर-सौरीय ग्रहों का अध्ययन बाह्य अन्तरिक्ष में वास कर सकने लायक संसारों और उन पर बुद्धिमान जीवन के अस्तित्व के बारे में हमारी जिज्ञासा का समाधान करने की दिशा में एक बड़ा क़दम है।

बॉक्स-6 : नागरिक वैज्ञानिक बनिए!

कैप्लर मिशन जैसी विशाल परियोजनाओं की खोजों के फलस्वरूप, हमारी मिल्की वे आकाशगंगा ने भी बहुत आसानी से ग़ैर-सौरीय ग्रहों की स्थितियों के रहस्य उजागर कर दिए हैं। विशाल परिमाण में आँकड़ों और जानकारियों का संग्रह किया गया है, परन्तु अब इन सबका सार्थक उपयोग कर पाने के लिए बड़ी संख्या में मानव संसाधन की आवश्यकता है। प्लैनेट हण्टर्स (ग्रहों के खोजी) एक ऐसी नागरिक परियोजना है, जो स्वरूपों को पहचानने की मानवीय क्षमता का उपयोग करते हुए ऐसे संकेतों को पकड़ने के काम में संलग्न है जो ग़ैर-सौरीय ग्रहों की मौजूदगी दर्शाते हैं। इस परियोजना के लगभग 300,000 स्वैच्छिक कार्यकर्ता हैं, और इसे कई ग्रहों की खोजों का श्रेय जाता है, और उनकी उपलब्धियों में टैबी के तारे का अजीब आचरण भी शामिल है। इसलिए यदि आप ग़ैर-सौरीय ग्रहों की खोज के अभियान में शामिल होने के लिए आतुर हैं तो प्लैनेट हण्टर्स के समूह को आपको अपना सदस्य बनाने में निश्चित ही ख़ुशी होगी। इसके लिए आप उनकी इस वैबसाइट www.planethunters.org पर जाएँ और नई दुनियाओं को खोजने में वैज्ञानिकों की मदद करें।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Kepler Mission Overview, NASA Ames/ W Stenzel, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:NASA-KeplerSpaceTelescope-ArtistConcept-20141027.jpg. License: Public Domain.

Want to know more?

1. A (very) technical paper on the detection techniques: http://www.mpia.de/homes/ppvi/chapter/fischer.pdf.
2. About Kepler mission: http://kepler.nasa.gov/ and http://www.nature.com/nature/journal/v513/n7518/pdf/nature13781.pdf.
3. About Gaia mission: http://sci.esa.int/gaia/ and https://arxiv.org/pdf/1411.1173v1.pdf.
4. Some websites to tell you all about the recent gossip in the field: http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html and https://exoplanets.nasa.gov/newworldsatlas/.
5. About some of the upcoming missions: https://tess.gsfc.nasa.gov/overview.html and http://www.jwst.nasa.gov/.

सुमा एन मूर्ति खगोलविज्ञान की विद्यार्थी हैं, और उन्होंने भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुअनन्तपुरम, से खगोलशास्त्र तथा खगोलभौतिकी में अपना स्नातकोत्तर अध्ययन कार्यक्रम पूरा किया है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी